

Водопотребность портландцемента с добавкой ЗШС, содержащей 10-20 % топливного шлака, не изменяется, но с ростом его количества до 40 % она несколько увеличивается. При этом нормальная густота цемента с добавкой ДГШ на 1,8-3,1 % меньше, чем водопотребность цемента с ЗШС. Увеличение количества топливного шлака в составе ЗШС ускоряет начало и практически не влияет на конец схватывания цемента. По срокам схватывания и равномерности изменения объема цементного камня все составы портландцемента с различным содержанием топливного шлака в составе ЗШС удовлетворяют требованиям действующих стандартов на общестроительные цементы.

По сравнению с портландцементом с добавкой золы и ДГШ увеличение количества шлака в составе ЗШС до 20 % не снижает предел прочности при сжатии цемента через 3 и 28 суток нормального твердения, но уменьшает прочность при изгибе. Более высокое содержание топливного шлака снижает прочность портландцемента, как при сжатии, так и изгибе, независимо от условий твердения цементного камня.

Таким образом, оптимальное содержание топливного шлака в составе ЗШС Верхнетагильской ГРЭС, не снижающее прочность портландцемента при нормальном твердении и после пропаривания, составляет до 20 %.

Библиографический список

1. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. Введ. 01.01.2004. М.: ФГУП ЦПП, 2004. С. 20 с.
2. Крашенинников О.Н. Золошлаковые смеси Кировской ГРЭС – эффективная добавка в бетоны. О.Н. Крашенинников, В.Н. Макаров, Г.В. Журбенко и др. / Сб. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве». Новокузнецк, 1990. Т. 1. С. 173-184.
3. Капустин Ф.Л. Золошлаковая смесь ТЭС – минеральная добавка в цемент. Ф.Л. Капустин, Д.В. Рагозин, А.А. Кузнецов, И.С. Семериков, А.Ф. Капустин / Матер. Всерос. научн.-практ. конф. «Строительное материаловедение сегодня: актуальные проблемы и перспективы развития». Челябинск: Ю-УрГУ, 2010. С. 58-60.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ

Ф.Л. КАПУСТИН, студ. Н.А. ЖИТНИКОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

В.А. КЛЕВАКИН, О.А. ИВАНОВА

ОАО «Ревдинский кирпичный завод»

На современном этапе развития строительной комплекса одним из актуальных вопросов является высокое качество строительных материалов и изделий при наименьших затратах на их производство. Высококачественный бетон для целого ряда конструкций должен обладать прочностью при сжатии в пределах 40-60 МПа и выше, быть стойким в условиях агрессивного воздействия внешней среды, иметь высокую морозостойкость, водонепроницаемость и долговечность. Такие бетоны в своем составе содержат значительное количество портландцемента, до 500-700 кг/м³, которое во многом определяет высокую себестоимость производства бетонной смеси. Поэтому с экономической точки зрения желательно, чтобы для изготовления бетонов широкого назначения использовали многокомпонентные цементы, а в качестве заполнителей недорогие местные строительные материалы и техногенные отходы. Существенное сокращение расхода цемента имеет важное значение для возведения массивных бетонных конструкций, где снижение саморазогрева твердеющего бетона уменьшает температурные напряжения, что позволяет увеличить размеры блоков, бетонируемых за один прием.

Среди известных способов снижения расхода цемента наиболее эффективными являются следующие технологические приемы:

- дополнительное измельчение цемента;
- использование в качестве наполнителей в бетонной смеси тонкомолотых материалов;
- введение комплексных органоминеральных добавок;
- улучшение качества инертных заполнителей;

- использование многокомпонентных цементов, например пуццоланового портландцемента, быстротвердеющего шлакопортландцемента, характеризующихся пониженным содержанием клинкера.

Дополнительный помол цемента

Для измельчения материалов используют аппараты различных конструкций, различающиеся видом механического воздействия на вещество: в одном случае может быть раздавливание, в других – удар, раскалывание, истирание и др. В современных мельницах используют два или более видов таких воздействий. По виду преимущественного механического воздействия, направленного на разрушение материала, выделяют три типа мельниц:

- мельницы с низкой скоростью разрушения, преимущественно сжатием (шаровые, шарокольцевые, бегуны, центробежные и др.);
- мельницы со средней скоростью разрушения, разрушающие в основном стесненным ударом (вибрационные, центробежно-планетарные, магнито-вихревые и др.);
- мельницы с высокой скоростью разрушения, измельчающие материалы преимущественно свободным ударом (ударно-отражательного действия, ударные мельницы, дезинтеграторы, молотковые, роторные, струйные и др.).

Изменение реакционной способности материалов под влиянием механической активации может быть следствием изменения размера частиц, структуры, а также состава тонкодисперсных веществ. Эти явления в какой-то степени взаимосвязаны: переход в новую фазу может быть результатом уменьшения частиц или изменения состава, фазовый переход может привести к диспергированию.

Исследования в области активации цемента показали, что повышение удельной поверхности значительно влияет на скорость твердения и гидравлическую активность цемента (табл. 1). Установлено, что помол портландцемента до удельной поверхности $400 \text{ м}^2/\text{кг}$ обеспечивает получение марки 500, до $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ – марку 600. Дальнейшее увеличение дисперсности цемента до $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ повышает существенно прочность в возрасте 1 и 3 суток, но к 28 суткам она практически не изменяется.

Таблица 1

Влияние удельной поверхности на водопотребность и прочность цемента

Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$	Нормальная густота цементного теста, масс. %	Предел прочности, МПа, в возрасте, суток, при			
		изгибе		сжатии	
		3	28	3	28
300	23,3	3,8	6,2	23,1	42,9
400	24,5	4,4	7,0	29,3	51,3
500	28,0	5,6	7,4	37,1	62,6
600	31,8	5,9	7,6	39,5	67,4

Применение тонкодисперсных цементов высоких марок в составе тяжелых бетонов, как показали наши исследования, позволяет не только повысить прочность бетонов, но и сократить расход вяжущего при сохранении прочности и улучшить реологические свойства бетонной смеси.

Другим возможным примером эффективного применения тонкомолотых цементов является их использование в составе бетонной смеси, заменяя некоторую часть цемента заводского изготовления. Выполненные нами исследования по влиянию активированного портландцемента (добавка КИ-А) на прочность тяжелого бетона показали, что эффективность применения такой добавки повышается с понижением водоцементного отношения бетонной смеси. Одним из видов производств бетонных изделий, использующих цементы при низком водоцементном отношении, является производство изделий из мелкозернистого бетона методом «сухого» прессования. Использование добавки КИ-А при производстве мелкозернистого бетона обусловлено следующими причинами:

- малое количество воды в используемой бетонной смеси;
- развитая поверхность применяемых заполнителей (песка и мелкого щебня);
- формование бетонной смеси под высоким давлением;
- подбор оптимального зернового состава заполнителя, обеспечивающий высокую плотность бетона с минимальной пористостью.

Результаты исследования по влиянию добавки КИ-А на состав и прочность бетона приведены в табл. 2. Установлено, что введение добавки КИ-А в количестве 1,5 и 2,5 % позволяет повысить прочность бетона либо при сохранении класса прочности бетона уменьшить расход портландцемента, соответственно, на 10 и 20 %. На эффективность использования тонкомолотого цемента в качестве добавки в бетонной смеси указывается и в работе [1], рассматривающей влияние вяжущего низкой водопотребности на состав и свойства портландцемента.

Таблица 2

Влияние добавки КИ-А на состав и прочность мелкозернистого бетона класса В22,5

Номер состава	Состав бетонной смеси, кг/м ³						Предел прочности при сжатии, МПа, через, сут.		
	Щебень	Песок	Цемент ПЦ500-Д0	Вода	Добавка КИ-А		1	7	28
					%	кг			
1	1026	828	439	224	–	–	228	268	315
2	1026	872	395	226	1,5	6,5	218	255	309
3	1026	916	351	226	2,5	10,8	219	260	312

При подборе составов бетонных смесей установлено, что изменение зернового состава заполнителей влияет на оптимальное количество добавки КИ-А в бетонной смеси. Это обстоятельство требует более частого контроля за зерновым составом заполнителей и приводит к увеличению количества добавки КИ-А в бетонной смеси с повышением их дисперсности. Кроме того, для равномерного распределения добавки КИ-А по объему бетонной смеси необходимо дозирование и подачу данной добавки проводить вместе с основной массой цемента.

Использование высокодисперсных минеральных наполнителей

Для снижения расхода цемента в бетоне могут быть использованы высокодисперсные минеральные наполнители, которые вводятся в бетонную смесь и заменяют часть цемента. В качестве таких наполнителей целесообразно использовать дисперсные отходы сухой магнитной сепарации рудных ископаемых, полевошпатные горные породы магматического происхождения, золы-уноса от сжигания твердого топлива на ТЭС, тонкомолотые шлаки и микрокремнезем – отходы металлургии и другие материалы, содержащих кремнезем в свободном и связанном виде. Такие высокодисперсные материалы способствуют самоуплотнению бетонной смеси и обеспечивают уникальные свойства бетону [2]. Так введение в портландцемент 10-30 % микрокремнезема увеличивает водопотребность вяжущего от 26 до 29 %. При этом для равнопластичных бетонных смесей расход цемента снижается до 30 %. Добавка микрокремнезема в бетоны пластического формирования повышает его водо- и сульфатостойкость [3].

Выполненные нами исследования показали, что введение микрокремнезема в состав жестких бетонных смесей в количестве 4 % от массы цемента позволяет уменьшить расход цемента на 10 % по сравнению с бездобавочным бетоном, сохранив класс прочности В40 (табл. 3). Использование пыли, образующейся при дроблении горной породы габбро в щебень и содержащей в основном частицы фракции менее 100 мкм, в составе бетонной смеси позволило не только уменьшить расход цемента на 16 %, но повысить прочность бетона на 8 %. Введение золы-уноса от сжигания экибастузского угля на Рефтинской ГРЭС также снижает расход портландцемента в бетоне на 15 %.

Таблица 3

Влияние минеральных добавок на состав и прочность бетона класса В40

Номер состава	Состав бетонной смеси, кг/м ³						Предел прочности при сжатии, МПа, через, сут.		
	Щебень	Песок	Цемент ПЦ500-Д0	Вода	Добавка*		1	7	28
					%	кг			
1	926	893	590	198	–	–	34,0	41,0	50,9
2	926	952	530	200	4,0	21,2	30,2	45,0	47,0
3	926	840	510	214	15,7	80,0	27,0	43,5	54,8

* – в качестве высокодисперсных минеральных наполнителей использовали микрокремнезем (состав № 2), пыль габбро (состав № 3)

Комплексные органоминеральные модификаторы

В современном строительстве широко применяются комплексы химических добавок, изменяющие свойства бетонной смеси или бетона. Важнейшими из них являются комплекс-

ные органоминеральные модификаторы, повышающие прочность бетона как в ранние, так и поздние сроки твердения, что позволяет при необходимости снизить расход цемента на приготовление бетонной смеси. В качестве примера комплексной добавки для бетонов можно привести органоминеральные модификаторы из серии МБ (МБ-01, МБ-30С, МБ-50С) – порошкообразные продукты, содержащие в своем составе минеральные (микрокремнезем и зола-унос) и органические (суперпластификатор и регулятор твердения) компоненты. Их использование в количестве 9-12 % от массы цемента повышает подвижность и нерасслаиваемость бетонной смеси, обеспечивает ей длительное сохранение удобоукладываемости, позволяет получать бетоны класса В40-В60 с расходом цемента 330-400 кг/м³.

Получение таких добавок стало возможным в результате разработки аэродинамического активатора, на основе которого нами были проведены эксперименты по одновременному измельчению цемента и пластификатора. В результате этих исследований нами разработана комплексная добавка, обладающая упрочняющими и пластифицирующими свойствами: упрочняющая пластифицирующая добавка КИ-П.

Производство добавки КИ-П может осуществляться в аэродинамическом активаторе, в который подаются портландцемент ПЦ500-Д0 и суперпластификатор. В результате активного механического воздействия на частицы цемента и пластификатора происходит значительное увеличение их дисперсности измельчение с получением однородного вещества. В результате образуется органоминеральный порошок, который обеспечивает, при введении повышение пластичности бетонной смеси и увеличение прочности бетона (табл. 4).

Таблица 4

Влияние комплексной добавки КИ-П на расход цемента и прочность бетона

Проектная марка бетона	Состав бетонной смеси, кг/м ³					Фактическая марка бетона
	Цемент ПЦ500-Д0	Песок	Щебень	Добавка КИ-П	Вода	
300	390	640	1180	–	180	300
300	240	805	1180	8,4	160	400
350	290	745	1170	10,1	165	450
400	340	735	1170	12	180	500
500	410	680	1180	14,4	200	600

По нашему мнению, использование добавки КИ-П в бетонах, в которых применяется низкомарочные цементы (ШПЦ 300, ШПЦ 400, ПЦ 400-Д20), будет эффективно с целью повышения прочности бетона. В случае если для приготовления бетонной смеси применяется высокомарочный цемент, то использование добавки КИ-П должно быть направлено на уменьшение расхода цемента в бетоне.

Библиографический список

1. Королев А.С., Зырянов Ф.А., Трофимов Б.Я. Быстротвердеющее композиционное вяжущее на основе портландцемента и вяжущего низкой водопотребности // Строительные материалы, 2007. № 4. С. 72-74.
2. Каприев С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон, 1995. № 4. С. 16-20.
3. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: изд-во АСВ, 2006. 368 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (П.А.В.) НА СВОЙСТВА ГЛИНЯНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА

Н.А. МИХАЙЛОВА, А.Ю. ОГЛЕЗНЕВ

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

На кафедре ХТКиО ранее были выполнены работы по определению минерального состава и физико-керамических свойств легкоплавкой глины, которая входит в состав массы для производства строительного кирпича одного из предприятий Пермского края [1]. Глины в составе этого завода содержится около 50%, кроме этого в состав массы входит еще кварцевый песок, опилки и зола ТЭЦ. Метод формования и качество кирпича во многом определяет глина. Введение отошителей в состав массы для производства кирпича облегчает проведение процесса сушки, но уменьшает механическую прочность. Известно[5], что введение